

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 64-038968

(43)Date of publication of application : 09.02.1989

(51)Int.Cl.

H01M 8/04

(21)Application number : 62-192703

(71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 03.08.1987

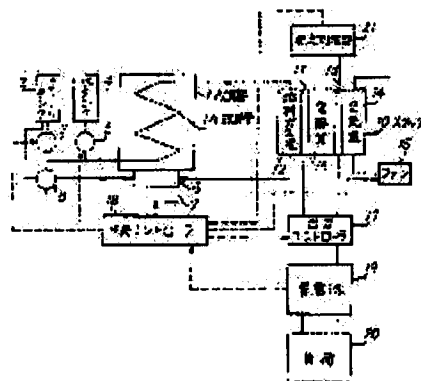
(72)Inventor : TAJIMA HIROYUKI

## (54) CONTROL OF FUEL CELL

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To make it possible to obtain a stable generation output effectively by setting at least one of unit cells composing a fuel cell stack to be for monitoring having lower volt-ampere characteristics than the other unit cells, keeping its voltage constant while outputting current, and supplying fuel following the output current.

**CONSTITUTION:** At least one of unit cells composing a fuel cell stack 10 is set to be a unit cell for monitoring of which current-voltage characteristics are set lower than those of the other unit cells, and the voltage of this unit cell for monitoring is kept constant, where power generation is conducted for the fuel cell stack 10. For controlling reformed gas supply quantity to the fuel cell stack 10 to follow the output current of the fuel cell stack, a central controller 18 compares a preset current value with the output current value at the stack detected by a current measuring device 21, and pumps 3, 5 and fans 7, 15 are controlled based on the difference so as to control charging quantity of reformed material. A fuel cell power generation system can thus be operated effectively.



## ⑫ 公開特許公報(A)

昭64-38968

⑤ Int.Cl.<sup>4</sup>

H 01 M 8/04

識別記号

庁内整理番号

P-7623-5H  
Z-7623-5H

④ 公開 昭和64年(1989)2月9日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑬ 発明の名称 燃料電池制御方法

⑭ 特 願 昭62-192703

⑮ 出 願 昭62(1987)8月3日

⑯ 発 明 者 田 島 博 之 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

⑰ 出 願 人 富士電機株式会社 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

⑱ 代 理 人 弁理士 谷 義 一

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

燃料電池制御方法

## 2. 特許請求の範囲

改質された燃料および酸化剤を供給される燃料電池スタックを有する燃料電池を制御するにあたり、前記燃料電池スタックを構成する単セルのうちの少なくとも1個を残余の単セルよりも電流-電圧特性を低くしたモニタ用単セルとし、該モニタ用単セルの電圧を一定として、前記燃料電池スタックの発電を行い、前記燃料電池スタックの出力電流値を検出し、その出力電流値と予め設定した設定電流値との差を求め、前記燃料の供給量および/または前記酸化剤の供給量を前記差に応じて変化させることを特徴とする燃料電池制御方法。

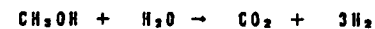
## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

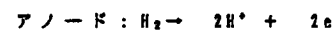
本発明は、燃料電池を用いた発電システムの運転方法、特に燃料電池の制御方法に関するものである。

(従来の技術)

燃料電池を用いた従来の発電システムにおいては、例えば炭化水素を改質して得た水素を燃料とする。一例として、メタノールを水蒸気で改質すると、次の反応により水素が得られる。



この炭酸ガスを含む水素と、空気とをりん酸型燃料電池に送って発電する場合にば、この燃料電池のアノードおよびカソードのそれぞれにおいて次の反応が起こる。



すなわち、アノードにおいては水素の酸化反応が進み、カソードにおいては酸化剤である空気中の酸素の還元反応が進んで全体反応として水素と酸

素との電気化学的反應によって水が得られる。この反應過程における化学エネルギー変化が電気エネルギーに変換されて、外部へ電気出力として取り出される。

上述の反應で得られる電流は、ファラデーの法則により、消費される水素および酸素の量に正比例する。

ここで、水素燃料を得るための原料をメタノールとした場合のこの種発電システムの構成を第5図に示す。

第5図において、1はメタノールを改質して水素を得るための改質器である。この改質器1にはメタノールと水が供給される。すなわち、メタノールは、メタノールタンク2からメタノールポンプ3を通じて、水は水タンク4から水ポンプ5を通じて、それぞれ改質装置1に供給される。メタノールと水の供給モル比は、メタノール1に対して水1.3～2程度である。このように、水は理論的に計算される反応量よりも多く供給されるので、改質反應の結果得られる改質ガス中には水分

と炭酸ガスを含む改質ガスが生成される。この改質ガスは、燃料電池スタック10における燃料極（アノード）11の側に設けられた燃料ガス室12へ送られる。起電反應に関与しなかった過剰の水素と炭酸ガスおよび水蒸気を含むオフガスは燃料ガス室12から排出され、改質器バーナ6へ供給される。上述したように、このバーナ6による燃焼熱は吸熱反應を促進するための熱となる。

一方、燃料電池スタック10における空気極（カソード）13の側の空気室14にはファン15から空気が供給され、反應に関与しなかった過剰の空気はスタック10の外へ排出される。

16は燃料極11と空気極12との間の空所に充填した電解質である。

燃料電池スタック10は燃料極（アノード）11と空気極（カソード）12の一对をもっている。しかし、一对の電極をもつ単セルの出力電圧はたかだか1V弱であり、かつ電極の単位面積あたりの出力電流は数百mA/cm<sup>2</sup>である。そこで、大

が含まれる。

メタノールの改質反應は、一般に250℃程度の温度で行なわれる。触媒としてはZnO-CuO系の触媒を用い、この改質反應触媒を改質管1A内に充填しておき、メタノールと水の混合蒸気をかかると触媒中を通すことにより改質反應が行われる。また、この改質反應は吸熱反應であるので、メタノールと水の混合蒸気と触媒とを加熱して行う。この加熱のための熱は改質器バーナ6に燃料を供給して、その燃料を改質器ファン7から供給される空气中で燃焼させて得る。ここで、燃料は、たとえば次の3通りの方法によって供給される。第1は、メタノールタンク2のメタノールをメタノールポンプ8を通じて供給する方法である。第2は、後述する燃料電池スタック10が排出するオフガスを供給する方法である。第3は、上述のメタノールとオフガスとを併用する方法である。

改質器1に供給されたメタノールと水との混合液体は改質器1内の改質管1A内で蒸発する。この改質管1A内では、触媒の作用によって、水素

面積の単セルを複数個直列に接続したスタックを複数個用い、これらスタックの直列および並列接続を任意所望に組み合わせることによって、高電圧、大電流の大出力を得ることができる。

このようなスタックの消費する水素および空気中の酸素の理論量は、スタック内の単セル数 $n$ および出力電流 $I$ に正比例する。

一般に燃料電池発電システムの運転においては、スタックが理論的に消費する水素と酸素の量よりも過剰の水素と酸素を供給して運転する。水素および酸素それぞれの供給量に対するそれぞれの消費量の割合を利用率とよぶ。燃料電池発電システムにおいては、水素利用率が70～80%、酸素利用率（空気の供給消費の場合は空気利用率ともよぶ）が50～60%で運転されている。

上述のような発電システムにおいて、改質器1の温度、水およびメタノールの供給量、スタック10の温度、空気の供給量が中央コントローラ18によって制御される。また、スタック10からの出力電圧は中央コントローラ18の制

御のもとで、出力コントローラ 17 によって制御されて、蓄電池 19 に供給される。20 は蓄電池 19 より給電される負荷である。

なお、図中に破線で示す信号線は制御信号の授受を行なう。

水素および酸素の利用率の制御は、スタック 10 の出力電流を設定し、その設定電流に比例して、改質原料である水とメタノールを改質器 1 に供給することによって行なう。

このような制御を行う場合、水およびメタノールがそれぞれのポンプ 5 および 3 を通じて改質器 1 に供給されて改質ガスとなり、そのガスがスタック 10 に供給されるまでの時間の遅れおよび改質反応温度が適切に制御されていないと改質反応が十分に進まない。そのため、上述の時間の遅れを考慮して燃料電池発電システムの出力を制御しなければならない。このような制御を行わない場合には、たとえば燃料電池起動時あるいは出力増加時には、スタック 10 において水素ガスが欠乏して、発電ができなくなってしまう。

6 の燃料であるメタノールを燃焼させる。

次いで、改質原料の水とメタノールを増加させ、所定の遅れ時間をとって出力電流を増加させる。出力電流を減少させる場合には、増加させる場合とは逆に、出力電流を減少させてから、改質器 1 の出力を下げるという方法を採用していた。

一方、フィードバック方式においては、改質ガスの供給遅れを考慮して過剰の改質ガスをスタック 10 に供給するという方法を採用していた。

#### 〔発明が解決しようとする問題点〕

しかしながら、上述のような従来の燃料電池発電システムの運転制御方法においては、改質器バーナで燃焼される燃料を過剰に必要とするので、エネルギーが無駄になるという欠点があった。しかもまた、過剰の燃料を燃焼させるので、改質器が加熱して改質反応触媒を劣化させてしまい、そのために、改質反応が正常に進まなくなるおそれがあるという欠点があった。特にフィードバック方式において、以上のような欠点が顕著にみられた。

このような水素ガス欠は、オフガス中の水素ガス欠を引き起こし、そのために改質器バーナ 6 の失火に到る場合もあり、その結果、改質器 1 が運転不能となる。

また、上述の水素ガス欠よりも程度の軽いガス欠の場合は、スタック 10 のガス欠には到らないまでもオフガスは欠乏してしまう。そのために、改質器 1 の温度が低下し、改質ガス量が減少して、いずれは燃料電池発電システムの運転停止に到ることになる。

さらに、出力低下時あるいは出力停止時には、改質ガス量が過剰になり、このためにオフガス量が過剰になって改質器 1 の温度が高くなりすぎることもある。

以上のような欠点を克服するために、従来は燃料電池の出力電流を基に、フィードフォワード方式またはフィードバック方式で燃料の改質量を制御していた。

フィードフォワード方式においては、出力電流を増加させるのに先立って、まず、改質器バーナ

そこで、本発明の目的は、上述の欠点を除去し、効率良く燃料電池発電システムを運転することのできる燃料電池制御方法を提供することにある。

#### 〔問題点を解決するための手段〕

このような目的を達成するために、本発明は、改質された燃料および酸化剤を供給される燃料電池スタックを有する燃料電池を制御するにあたり、前記燃料電池スタックを構成する単セルのうちの少なくとも 1 個を残余の単セルよりも電流-電圧特性を低くしたモニタ用単セルとし、該モニタ用単セルの電圧を一定として、前記燃料電池スタックの発電を行い、前記燃料電池スタックの出力電流値を検出し、その出力電流値と予め設定した設定電流値との差を求め、前記燃料の供給量および/または前記酸化剤の供給量を前記差に応じて変化させることを特徴とする。

#### 〔作用〕

本発明においては、燃料電池スタックを構成する単セルのうち少なくとも 1 個をモニタ用とし他

の単セルよりも電圧電流特性を低くし、その電圧を一定に保って電流を出力し、出力電流に追従して燃料を供給することにより、安定した発電出力が効率よく得られる。

#### 【実施例】

以下、図面を参照して本発明を詳細に説明する。

第2図は燃料電池スタック（または単セル）の出力電流 $I$ と電圧 $V$ の関係を示す特性図である。 $C1, C2, C3$ は所定の温度でスタック10へ供給する燃料量（改質ガス量）がそれぞれ異なる $I-V$ 曲線（電流-電圧曲線）を示す。これらの $I-V$ 曲線 $C1, C2, C3$ の順で燃料量が多く、この場合、電圧 $V$ において、電流は、それぞれ、 $I_1, I_2, I_3$ である。すなわち、供給燃料量が多い程、同電圧で発電する電流は大となる。

ここで、スタック10の電圧を一定に保って発電を行ない、このときに検出されるスタック10の出力電流 $I_s$ と、予め設定した設定電流 $I_0$ とを比較することによって、燃料電池を制御することが

そこで、本発明では、燃料電池スタックを構成する単セルのうちの少なくとも1個を残余の単セルよりも電流-電圧特性を低くしたモニタ用単セルとし、このモニタ用単セルの電圧を一定として燃料電池スタックの発電を行い、燃料電池スタックの出力電流値を検出し、その出力電流値と予め設定した設定電流値との差を求め、燃料電池の燃料の供給量および／または酸化剤の供給量を上述の電流値の差に応じて変化させて燃料電池を制御する。

本発明制御方法を実施して運転を行なう燃料電池発電システムの実施例を第1図に示す。図中、第5図と同様の箇所には同一の符号を付す。第1図において、21は燃料電池スタックの出力電流を検出する電流測定器、たとえば電流計であって、その検出電流を中央コントローラ18に供給する。

燃料電池スタック10への改質ガス供給量が燃料電池スタック出力電流 $I_s$ に追従するように制御するために、中央コントローラ18は、予め設定し

できる。すなわち、 $I_s > I_0$ のときは改質器の出力（改質ガス量）を低下させ、 $I_s < I_0$ のときは改質器の出力を上げる。この方法においてはスタック10は、供給される改質ガス量によって定まるスタック10の電流-電圧特性に基づいて規制される電流しか発電しないので、改質器1の応答の遅れ、水素ガス欠に到る恐れなどは全くない。

このような方法で燃料電池の制御を行なう場合に、スタック10における燃料利用率をできるだけ高めて効率良く発電するためには、 $I-V$ 曲線において抵抗分極が支配的である領域、すなわち $I-V$ 曲線における直線部分よりも拡散分極が支配的である領域、すなわち $I-V$ 曲線において電圧値が急激に落ちる曲線部分で発電することが望ましい。

しかし、スタックの電圧が拡散分極支配が強い領域にある状態で燃料電池が運転された場合は、スタックの寿命が短くなるという問題が生ずる。

た電流値 $I_0$ と電流測定器21で検出したスタック出力電流値 $I_s$ とを比較し、その差に応じてポンプ3および5、ファン7および15を制御して、改質原料投入量を制御する。

第3図は燃料電池スタック出力電流 $I$ と単セル出力電圧 $V$ との関係を示す特性図である。スタック10を構成する単セルのうちの1個をモニタ用単セルとした場合、他の全ての単セルの $I-V$ 曲線は第2図に示す曲線Hと曲線Lとの範囲にある。曲線Hは改質ガス供給量が最大である場合の $I-V$ 曲線であり、曲線Lは改質ガス供給量が最小である場合の $V-I$ 曲線である。

モニタ用単セルは、燃料電極の面積を他の単セルの90～95%とすることによって単位面積あたりの出力を大きくしている。あるいは燃料の入口と出口との間の頭損失を他の単セルの105～110%と大きくすることにより、電極の面積は他の単セルと同じであっても、改質ガス供給量を他の単セルの90～95%として、他の単セルよりも悪条件で発電を行ない、モニタ用単セルの $I-V$ 曲線Mを

I-V曲線よりもI-V特性が低くなるようにする。

このようなI-V特性を有するモニタ用単セルを少なくとも1個スタック10内に組み込んで、改質ガスをスタック10に供給し、モニタ用単セルを一定の電圧 $V_M$ として発電させると他の全ての単セルの電圧はそれよりも高い電圧 $V_L \sim V_M$ 間にある。モニタ用単セルの電圧を $V_M$ に設定して、燃料電池スタック10の発電を行ない、電流検出器21によってスタック出力電流 $I_s$ を検出して、この出力電流値 $I_s$ が予め設定した電流値 $I_0$ よりも高い場合は改質器1の出力を押さえ、逆の場合は改質器1の出力を上げるように、改質原料投入量の制御を行なう。

モニタ用単セルの出力電圧は、中央コントローラ18により制御される出力コントローラ17によって、電圧値 $V_M$ を保つような制御が行なわれる。ここで、電流測定器21、中央コントローラ18、出力コントローラ17は閉ループを形成し、電流測定器21で測定された燃料電池スタック出力電流 $I_s$ 、

燃料電池スタック10の出力電流との差に追従して改質原料の投入量が制御される。このような制御方法においては、燃料電池の出力電流ではなく、出力電圧を一定にして出力しているのでスタック10の出力が低下することはない。また、最劣悪条件下でモニタ用単セルの発電を行い、モニタ用単セルの電圧 $V_M$ によって決定される出力電流 $I_s$ が発電されているので、他の単セルが損われるようなことはない。

なお、上述の実施例においては、燃料電池スタック10にモニタ用単セルを1個組み込んだ場合について説明したが、モニタ用単セルは複数個とすることもできる。この場合は、これらモニタ用単セルをスタック10内に分散配置する。

複数個のモニタ用単セルを組み込むことは、スタックが大出力である場合に効果的である。すなわち、大出力のスタックでは、スタックを構成する単セル数が増加するために、改質ガスの供給がすべての単セルについて均一ではなく分布が生ずるが、改質ガス分布の状態によっては、モニタ用

は、中央コントローラ18にフィードバックされて、出力コントローラ17を制御する。

第4図は、本発明の一実施例における制御手順の一例を示すフローチャートである。この制御手順は中央コントローラ18内のROMに予め記憶しておく。

まず、ステップS1において、モニタ用単セルを出力電圧 $V_M$ で発電する。次に、ステップS2に進み、ここで、燃料電池スタック10の出力電流 $I_s$ と設定電流 $I_0$ とが等しいか否かを判定し、 $I_s = I_0$ ならばステップS3に進み、改質原料の増減はしない。 $I_s \neq I_0$ ならばステップS4に進む。ステップS4においては $I_s$ が $I_0$ よりも大であるか否かを判定する。 $I_s < I_0$ である場合は、ステップS5に進んで改質原料の投入量を増加させる。一方、 $I_s > I_0$ である場合は、ステップS6に進んで改質原料の投入量を減少させる。ステップS3、ステップS5およびステップS6の処理が終了後、ステップS2に戻る。

以上のような制御手順によって、設定電流と燃

単セルが1個のみであると、モニタ用単セルの配設箇所とは離れた位置にある単セルが、モニタ用単セルよりも劣悪な改質ガス供給条件下で発電を行なうという惧れがある。

そこで、複数個のモニタ用単セルをスタック内に分散配置し、それぞれの電圧をモニタし、そのうちで最も低い電圧を示すモニタ用単セルに着目し、その電圧を一定に保つようにして発電し、モニタ用単セルが1個の場合と同様に改質原料の投入量を制御することによって発電システムを運転することができる。

なお、燃料電池スタック10の出力は、供給される燃料の組成などによっても大きく影響される。たとえば、改質触媒の劣化が引き起こす、改質率の低下に起因する水素供給量の低下があげられる。また、改質原料にメタノールを用いる場合は、 $H_2$ および $CO_2$ と共に $CO$ も発生し、これらが燃料電池において消費されないで戻ってくると、電極触媒の被毒になる $CO$ 含有量が多くなる。しかし、本発明実施例では、燃料電池スタック10に供

給される水素ガスに見合う分だけしか発電を行なわないように制御を行なっているので、燃料電池スタック10がガス欠になるということは起こらない。

本発明実施例においては、改質原料投入量の制御、すなわちスタック10への燃料供給量の制御を行うことによって出力電流を制御したが、スタック10への空気の供給量、すなわち酸化剤としての酸素の供給量を制御することによって出力電流を制御することもできる。この方法においては、例えば出力電流 $I_1$ が設定電流 $I_0$ よりも大きい場合は、スタック10への空気の供給量を増加させるように制御する。

#### [発明の効果]

以上説明したように、本発明においては、モニタ用単セルの電圧を一定とし、設定電流と出力電流との差に見合う分の燃料および/または酸化剤を供給するように制御して発電を行なっている。したがって、本発明によれば過剰の燃料を必要としないので、エネルギーが無駄にならず、しかも

余剰の燃料が改質器に戻って触媒を過熱することもないので触媒の寿命が長く、ひいては、発電効率の向上にも寄与するという効果がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明を実施する燃料電池発電システムの実施例を示すブロック図、

第2図は燃料電池スタックからの出力電流と出力電圧との関係を示す特性図、

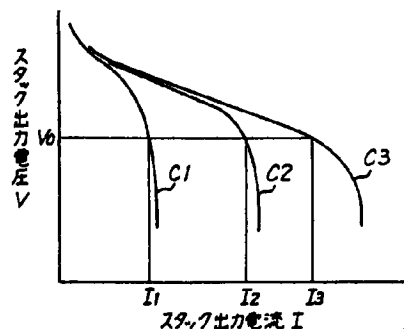
第3図は単セルからの燃料電池スタック出力電流と単セル出力電圧との関係を示す特性図、

第4図は本発明実施例の制御手順の一例を示すフローチャート、

第5図は従来の燃料電池発電システムの構成例を示すブロック図である。

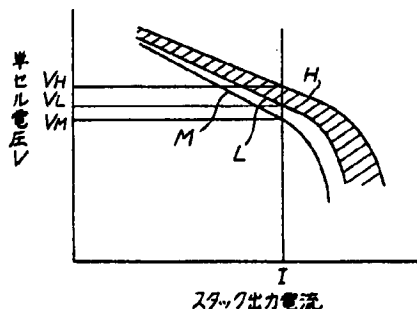
- 1…改質器、
- 1A…改質管、
- 2…メタノールタンク、
- 3…メタノールポンプ、
- 4…水タンク、

- 5…水ポンプ、
- 6…改質器バーナ、
- 7…改質器ファン、
- 8…メタノールポンプ、
- 10…燃料電池スタック、
- 11…燃料極（アノード）、
- 12…燃料ガス質、
- 13…空気極（カソード）、
- 14…空気室、
- 15…ファン、
- 16…電解質、
- 17…出力コントローラ、
- 18…中央コントローラ、
- 19…蓄電池、
- 20…負荷、
- 21…電流測定器。



燃料電池スタックの出力電流と出力電圧の特性図

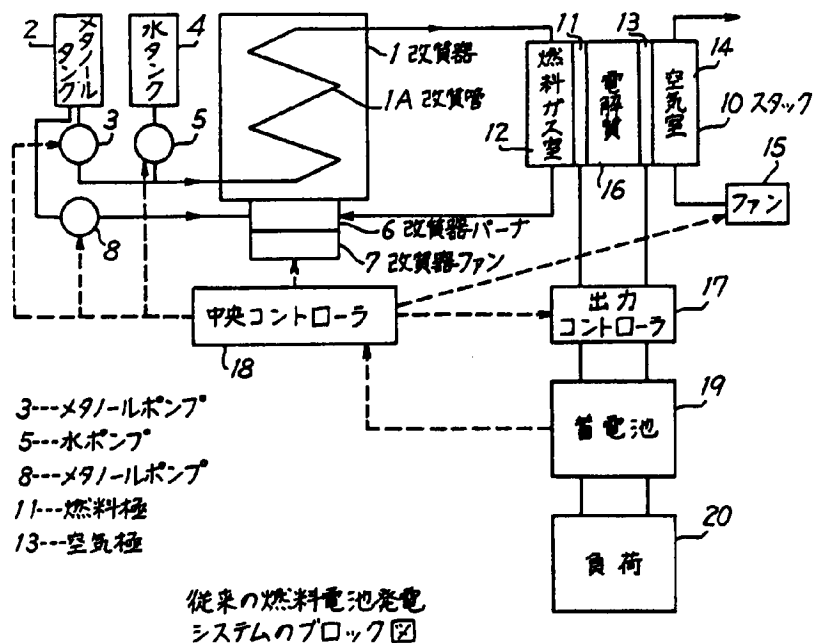
第2図



燃料電池スタックの出力電流と単セル出力電圧の特性図

第3図





第 5 図

手 続 補 正 書

昭和 63 年 4 月 11 日

特許庁長官 殿

1. 事件の表示

特願昭 62-192703 号

2. 発明の名称

燃料電池制御方法

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

(523) 富士電機株式会社

4. 代 理 人

〒107

東京都港区赤坂 5 丁目 1 番 31 号

第 6 セイコービル 3 階

電 話 (03) 589-1201 (代表)

(7748) 弁理士 谷 義 一

5. 補正命令の日付 自 発

6. 補正の対象

明細書の「3. 発明の詳細な説明」の欄

7. 補正の内容

明細書第 14 頁第 9 行～第 12 行を以下の通り補正する。

「は、改質燃料の流量範囲内にある全ての流量において、第 2 図に示す曲線 H と曲線 L との範囲にあり、モニタ用単セルの I-V 曲線 M より高くなるように品質管理がなされている。」

以 上